

UNIVERSITÉ DE CLERMONT-FERRAND

FACULTE DE MEDECINE

Année 1972

N° 69

THÈSE

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

Jean, Joseph, Vincent HERMABESSIERE

Ancien Interne des Hôpitaux de Clermont-Fd
Ancien Externe du C.H.U. de Paris et du C.H.R. de Rouen

né le 9 Juillet 1942 à Saint-Flour (Cantal)

Présentée et soutenue publiquement le 2 octobre 1972

ETUDE EXPÉRIMENTALE D'UNE NOUVELLE TECHNIQUE
DE SUTURE NERVEUSE.

Président : M. JACQUEMET, Professeur

Membres du Jury : M. BARRIER, Professeur

M. BAUDON, Professeur

M. NEVEU, Professeur

Clermont-Reproduction, 64 avenue J. Noellet - AUBIERE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

UNIVERSITÉ DE CLERMONT-FERRAND

FACULTE DE MEDECINE

Année 1972

N°

THÈSE

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

Jean, Joseph, Vincent HERMABESSIERE

Ancien Interne des Hôpitaux de Clermont-Fd
Ancien Externe du C.H.U. de Paris et du C.H.R. de Rouen

né le 9 Juillet 1942 à Saint-Flour (Cantal)

Présentée et soutenue publiquement le 2 octobre 1972

ETUDE EXPÉRIMENTALE D'UNE NOUVELLE TECHNIQUE
DE SUTURE NERVEUSE.

Président : M. JACQUEMET, Professeur

Membres du Jury : M. BARRIER, Professeur

M. BAUDON, Professeur

M. NEVEU, Professeur

Clermont-Reproduction, 64 avenue J. Noellet - AUBIERE

UNIVERSITÉ DE CLERMONT—

Président : R. KOHLMULLER
Vice-Président : M. LEMOSSE
Secrétaire générale : Mme CHOPART

FACULTÉ DE MÉDECINE : Doyen : G. MEYNIEL
1er Vice-Doyen : P. LATAIX
2e Vice-Doyen : C. GENTOU

Directeur Honoraire : M. MERLE

Professeurs Honoraires : Mme BLANQUET, MM. GERMAIN, PETIT,
THOMAS, VAURS, WILLEMIN-CLOG.

Professeurs Titulaires

MM. BARRIER	Clinique Chirurgicale A
BAUDON	Clinique Obstétricale
BERGERON	Pathologie Médicale
CHAMPEIX	Médecine Légale et Médecine Sociale
CLUZEL	Bactériologie et Hygiène
COULET	Botanique et Microbiologie
DASTUGUE	Biochimie Médicale
DELAGE	Anatomie Pathologique
DUCHENE-MARULLAZ	Pharmacologie
FOURRIER	Pathologie Chirurgicale
GRAS	Clinique Médicale A
JACQUEMET	Technique Chirurgicale
JALLUT	Sémiologie Médicale
JANNY	Neuro-Chirurgie
LATAIX	Clinique Chirurgicale B
MERCIER	Anatomie
MEYNIEL	Biophysique Médicale
MOLINA	Clinique Pneumo-phtisiologique
POROT	Clinique Neurologique et Psychiatrique
Mle RAMPON	Thérapeutique
MM. ROUHER	Clinique Ophtalmologique
TERRASSE	Clinique Médicale B
THIEBLOT	Physiologie
TURCHINI	Histologie et Embryologie

Professeurs Titulaires à titre personnel

MM. ALFIERI	Biophysique Médicale
PIGNIDE	Médecine Générale
REY	Maladies infectieuses
VIALLET	Electro-Radiologie

Professeurs sans Chaire

MM. BOURDEIX	Chirurgie Générale
MENUT	Pédiatrie et Puériculture
Mme MOINADE	Médecine Générale et Thérapeutique
MM. MONTRIEUL	Neuro-Chirurgie
NEVEU	Urologie
VENRIES de LAGUILLAUMIE	Anatomie Pathologique

Maîtres de Conférences Agrégés

MM. BAGUET	Thérapeutique, Réanimation Médicale, 3 ^e Rééducation Fonctionnelle et Hydrologie
BEYTOUT	Bactériologie - Virologie
BOUCHER	Physiologie
BRUHAT	Gynécologie et Obstétrique
CHABANNES	Neuro-Chirurgie
CONSTANTIN	Anesthésiologie
GAILLARD de COLLOGNY	Oto-Rhino-Laryngologie
GENTOU	Biochimie Médicale
GLANDDIER	Chirurgie Générale
Mme LAVARENNE	Pharmacologie Médicale
M. MALET	Histologie, Embryologie, Cytogénétique
MARCHEIX	Médecine Interne
PÉRI	Stomatologie
PLAGNE	Cancérologie Clinique
PLANCHE	Psychiatrie d'Adultes
RAYNAUD	Pédiatrie
SOLE	Ophthalmologie
TEINTURIER	Orthopédie, Traumatologie, Chirurgie Plastique et Constructive
TOURNILHAC	Neurologie et Psychiatrie
VANNEUVILLE	Anatomie et Organogénèse option Clinique, Chirurgie Générale.

- Maître de Conférences Associés

M. POURHADI	Histologie - Embryologie
-------------	--------------------------

- Agrégés

MM. RENARD	Pneumo-Phtisiologie
Attaché Principal de la Faculté de Médecine : F. BERTHON	
Conservateur de la Bibliothèque : M. ARCHIMBAUD	

La Faculté décide que les opinions émises dans les travaux et mémoires présentés à l'occasion d'une soutenance de Thèse de Doctorat en Médecine ou en Pharmacie doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation, ni improbation (Délibération du 6 juin 1956).

A la Mémoire de mon GRAND-PERE, le Docteur Joseph HERMABESSIERE

A ma FEMME

A ma FILLE

Leur affection me procure des joies inestimables

A Mon PERE, le Docteur Oswald HERMABESSIERE

*En me guidant au cours de mes études, il m'a permis
de m'orienter vers une branche de la médecine qui me
passionne, tout en se privant de la joie de me voir lui
succéder.*

*Sa carrière de médecin du Cantal est un exemple
pour tous.*

A ma MERE

Dont la tendresse est sans égal.

A mon BEAU-FRERE, le Docteur Jean-Louis ECHEGUT et à ma SOEUR

A mes BEAUX-PARENTS

A ma FAMILLE

A mes AMIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur JACQUEMET

Professeur de Techniques Chirurgicales

Chirurgien des Hôpitaux

Chevalier de la Légion d'Honneur

Officier des Palmes Académiques

Officier de la Santé Publique

Il nous a inspiré le sujet de ce travail et nous a guidé tout en nous facilitant notre tâche, tout au long de sa réalisation.

Nous avons, au cours de tout notre internat reçu dans son Laboratoire de Techniques Chirurgicales un enseignement théorique et pratique qui nous a profondément marqué. Pendant l'année que nous avons passée dans son service à l'hôpital Sabourin nous avons pu apprécier sa remarquable technique opératoire et nous avons adopté sa conception de l'équipe chirurgicale.

Nous n'avons pas seulement apprécié en lui le patron mais aussi l'homme.

Nous lui dédions ce travail en témoignage de reconnaissance pour l'intérêt qu'il nous a toujours porté et l'assurons de notre respectueux attachement.

A NOTRE JURY DE THESE

°

Monsieur le Professeur BARRIER

Professeur de Clinique Chirurgicale A

Chirurgien des Hôpitaux - Chef de Service

Membre Associé National de l'Académie de Chirurgie

Officier de la Légion d'Honneur

Officier des Palmes Académiques

Nous avons eu le privilège de passer notre quatrième année d'Internat dans son Service. Il nous a fait le grand honneur de nous enseigner sa technique opératoire minutieuse et précise, il nous a fait profiter de son immense expérience chirurgicale en nous apprenant à poser les indications opératoires. Il a bien voulu, paternellement nous conseiller et nous apprendre à réfréner notre fougue, sans jamais nous contraindre.

Nous avons apprécié en lui ses qualités humaines et sa force de caractère.

Il est, pour nous, l'image même du Maître, aimé et respecté.

Nous le prions de bien vouloir accepter l'expression de notre très respectueuse considération et de croire à notre reconnaissance.

A Monsieur le Professeur BAUDON

*Professeur de Clinique Obstétricale
Gynécologue-Accoucheur des Hôpitaux, Chef de Service
Officier des Palmes Académiques
Chevalier de la Santé Publique.*

Il a toujours été pour nous d'une profonde bienveillance.

*Dans son Service nous avons pu apprécier sa très grande
expérience clinique ainsi que la perfection de ses gestes
et de ses indications.*

*Il nous a appris notre rôle d'Interne et il sait quel goût
nous gardons pour sa spécialité.*

*Nous nous permettons de lui exprimer notre reconnais-
sance et l'assurance de notre profond respect.*

A Monsieur le Professeur NEVEU

Professeur (Urologie)

Chirurgien des Hôpitaux - Chef de Service

Officier des Palmes Académiques

Il nous a, au cours de notre stage dans son Service enseigné avec un merveilleux sens clinique les subtilités de son art sans jamais nous laisser oublier qu'il était destiné à soulager la souffrance humaine.

Nous avons aimé en lui, son profond dévouement pour ses malades, sa grande bonté et sa disponibilité vis-à-vis de ses élèves dont nous sommes fier de faire partie.

Nous le prions de trouver dans ce travail l'expression de notre gratitude et l'assurance de nos sentiments très respectueux.

A Monsieur le Professeur Agrégé BRUHAT

*Maître de Conférences Agrégé (Gynécologie et Obstétrique)
Gynécologue des Hôpitaux - Non Chef de Service*

*Il a été pour nous le plus fraternel et le plus attentionné
des Chefs de Clinique, avant de devenir l'ami auquel nous
sommes si attaché.*

*Il nous a toujours guidé et conseillé avec objectivité et
sympathie.*

Qu'il trouve ici le témoignage de notre sincère amitié.

A NOS MAÎTRES CLERMONTOIS

*Monsieur le Professeur P. FOURRIER
Professeur de Pathologie Chirurgicale*

*Il nous a montré l'exemple de la rigueur Chirurgicale
et nous a donné une formation que nous n'avons pas
oubliée.*

*Ses qualités de Chef de Service et d'Enseignant nous
ont séduit.*

Qu'il soit assuré de notre respectueuse gratitude.

*Monsieur le Professeur G. GLANDDIER
Maître de Conférences Agrégé (Chirurgie Générale)*

*Il nous a aidé constamment dans la réalisation de ce
travail.*

*Il a toujours été pour nous un guide et un exemple,
Mais nous attachons encore plus de prix à son amitié.
Nous le prions de croire à la nôtre.*

A Monsieur le Doyen G. MEYNIEL

*Il a bien voulu faire preuve à notre égard d'une grande
bienveillance.*

*La chaleur et la simplicité de son abord n'ont d'égales
que ses profondes qualités.*

*Nous le remercions pour ce qu'il fait pour la Faculté
de Médecine qu'il conduit vers les plus hauts niveaux.*

*Nous le prions de recevoir l'expression de notre respec-
tueuse considération.*

*Monsieur le Professeur TERRASSE
Professeur de Clinique Médicale*

Avec l'expression de notre profond respect

Monsieur le Professeur GRAS

Monsieur le Professeur VIALLET

Monsieur le Professeur MARCHEIX

Monsieur le Professeur VENRIES DE LA GUILLAUMIE

Monsieur le Professeur MERCIER

Professeur d'Anatomie

*Il nous a accueilli dans son Laboratoire d'Anatomie
avec bienveillance.*

*Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse
gratitude.*

Monsieur le Professeur VANNEUVILLE

En témoignage d'amitié.

Monsieur le Docteur Paul GAILLARD

Chirurgien des Hôpitaux

*La richesse de son enseignement dispensé avec autant
d'humour que de précision nous a été particulièrement
profitable.*

*Nous le prions de croire en notre respectueux attache-
ment.*

Monsieur le Docteur René GENDRE

Accoucheur Gynécologue des Hôpitaux

Qu'il veuille croire à notre respectueuse gratitude.

Le Docteur Jean-Pierre BARRIER

*Nous avons bien souvent travaillé ensemble en salle
d'opérations.*

*Sa compétence et sa très grande amabilité ont rendu
particulièrement agréable cette collaboration.*

En témoignage de notre sincère amitié.

Le Docteur Louis VINCENS

Le Docteur Pierre-Laurent CHIAPPONI

Le Docteur Jacques DEBRIGODE

A tous ceux qui nous ont apporté leur précieux concours dans la réalisation de ce travail.

Madame le Docteur FONCK-CUSSAC

*Elle a été pour nous une Anatomo-Pathologiste avisée,
mais aussi une conseillère particulièrement écoutée.*

Sa compétence n'a d'égale que son amabilité:

Nous l'assurons de notre respectueuse amitié.

Monsieur le Docteur RIGAL

*Il nous a apporté son aide pendant la réalisation de
tout ce travail, il ne nous a pas épargné son temps et
nous a fait profiter de son expérience.*

Qu'il croie en notre très vive amitié.

Monsieur le Docteur VALENTIN

Il a bien voulu nous prodiguer ses conseils.

En témoignage de reconnaissance.

*Mademoiselle GAY, Madame CORRAL, Monsieur FAVODON,
Monsieur MOLIMAR, Monsieur RAGONNEAUD,
Mesdames AMATE et BELLAIGUE*

*A tous nos Collègues et Amis qui ont bien voulu nous apporter leur aide et
nous consacrer leur temps et tout particulièrement :*

*H: LEVADOUX, F: PAUPY,
J: CHIPPONI, S. TERVER.*

A NOS MAITRES D'EXTERNAT :

A ROUEN

- *Monsieur le Docteur DESSAINT (†)*
- *Monsieur le Docteur HEBER*

A PARIS

- *Monsieur le Professeur J. HEPP*
- *Monsieur le Professeur MERCADIER*
- *Monsieur le Docteur PERNOD (†)*
- *Monsieur le Docteur J. MOREAUX*
- *Monsieur le Professeur H. BISMUTH*
- *Monsieur le Docteur BARDIAUX*
- *Monsieur le Professeur LAMOTTE*
- *Monsieur le Professeur BASTIN*
- *Monsieur le Professeur LAMBLING*
- *Monsieur le Professeur LE QUAINTEC*
- *Monsieur le Professeur BADER*
- *Monsieur le Professeur GRENET*
- *Monsieur le Professeur H. LESTRADET*

A nos MAITRES PARISIENS qui ont bien voulu nous accueillir dans leur Service au cours de notre Internat.

- *Monsieur le Professeur L. LEGER*
- *Monsieur le Professeur LOYGUE.*

A MESSIEURS LES CHIRURGIENS DE SAINT-FLOUR

Monsieur le Docteur P. DOR

Il a éveillé en nous notre goût pour la chirurgie en nous donnant l'exemple d'une conscience professionnelle sans égale et d'une recherche constante de la perfection.

Monsieur le Docteur G. DURAND

Il est pour nous l'image du Chirurgien généraliste complet. Nous le remercions de nous avoir accordé son amitié et nous l'assurons de la nôtre.

A NOS CONFÉRENCIERS

Monsieur le Professeur Agrégé J.P. CHEVREL

Monsieur le Professeur Agrégé GALLET

Monsieur le Docteur LEMERCIER

Monsieur le Docteur BERTHIER

A TOUS NOS COLLEGUES

A TOUS NOS AMIS D'EXTERNAT et D'INTERNAT.

P L A N

I - INTRODUCTION

II - HISTORIQUE

- Etudes histologiques
- Méthodes de suture
 - Les techniques
 - Influence des facteurs physiques et chimiques
- Moyens d'apprécier le résultat des sutures nerveuses
 - Etude histologique
 - Etude électromygraphique
- Résultats.

III - BUTS ET TECHNIQUE DE L'EXPERIMENTATION

IV - PROTOCOLE DE L'EXPERIMENTATION

V - ETUDE EXPERIMENTALE

- Série préliminaire
- Série des témoins
- Série avec application d'une différence de potentiel.

VI - RESULTATS

VII - CONCLUSIONS

INTRODUCTION

L'histologie et la physiologie des nerfs rachidiens sont actuellement bien connues. La physio-pathologie l'est moins, et le problème de la régénération des cylindres, après leur interruption n'est pas entièrement résolu.

Même si on arrive à connaître parfaitement les processus intra-cellulaires, la qualité de la suture chirurgicale restera primordiale. L'expérience a depuis longtemps montré qu'une bonne technique permet la régénération et accélère sa vitesse.

C'est pour tenter, une nouvelle fois après tant d'autres auteurs d'approcher la suture idéale que nous avons effectué ce travail dans le laboratoire de Technique Chirurgicale de Monsieur le Professeur L.R. JACQUEMET et selon ses directives.

Nous n'étions pas seulement désireux de réaliser de bonnes sutures, nous avons voulu expérimenter un procédé simple que tout chirurgien puisse réaliser avec une instrumentation courante.

Quand nous avons commencé notre travail, aucune publication ne faisait état de l'effet du courant électrique sur les sutures nerveuses alors que la propagation de l'influx nerveux, lui-même phénomène électrique, est depuis longtemps étudié. C'est pourquoi nous avons voulu étudier sur nos sutures l'effet d'une différence de potentiel.

HISTORIQUE

L'étude de la réparation nerveuse après interruption des cylindraxes a été l'objet de nombreux travaux.

Jusqu'à WALLER (75) en 1856 de très nombreux auteurs avaient soutenu la théorie de la régénération autogène du bout périphérique (SCHIFF, VULPIAN, PHILIPPEAU, BETHE, DURANTE (26), BUNGNER, WIETING, BALANCE).

Mais cette théorie fit faillite lorsque WALLER mit en évidence celle de la dégénérescence du bout périphérique dite depuis dénégénérescence wallérienne. RANVIER en 1871, CAJAL en 1905 (15), ERB, NAGEOTTE, et REMAK ont repris et soutenu cette théorie et ont apporté de nombreuses précisions.

Ainsi le principe de l'unité cellulaire se trouvait réaffirmé avec comme particularité pour la cellule nerveuse la possibilité de régénérer ses prolongements.

Lorsqu'un nerf est interrompu, la réparation passe par trois phases : (in GUTMANN et Coll. 1942 (35)).

- 1 - Dégénérescence puis régénération et passage de la zone d'accroissement à travers la cicatrice.
- 2 - Le bout de l'axone prend ensuite ses connexions avec l'organe : IWAYAMA (40) 1969.
- 3 - Les nouvelles fibres grossissent et acquièrent une gaine à myéline.

On voit donc se dessiner plusieurs difficultés et notamment :

- Obtenir une bonne cicatrice, facile à traverser.
- Favoriser un état biologique permettant la formation des plaques motrices et la maturation des axones.

I - ETUDES HISTOLOGIQUES

Dans cette optique les nombreuses ETUDES HISTOLOGIQUES en microscopie conventionnelle comme en microscopie électronique permettent de se rendre compte de la complexité des phénomènes au stade cellulaire.

CAJAL déjà mettait l'accent sur le rôle fondamental de la cellule de SCHWANN qui pour lui :

- produit les gaines protoplasmiques.
- joue le rôle de phagocyte des fibres nerveuses anciennes.
- sécrèterait une substance chimiotactique capable d'attirer les jeunes axones errants.
- pourrait servir à la nutrition et à l'accroissement des fibrilles nerveuses.

Plus récemment d'intéressants travaux sont venus préciser les phénomènes histologiques :

En 1950 BALDI - (6), a utilisé un microscope à lumière polarisée pour étudier la dégénérescence wallérienne.

WEBER en 1935 (77), GUTTMANN en 1942 (35), YOUNG dès 1945 (84), KLEIN en 1952 (43), IWAYAMA en 1969 (40), ont fait à des époques différentes le point des acquisitions récentes.

BARTON (7) en 1962 a fait chez le lapin, au microscope électronique, une étude qui réaffirme l'importance de la cellule de SCHWANN.

ROULLET (60) a publié tout récemment un article du plus haut intérêt où il cite YOUNG pour décrire les grandes lignes du DEROULEMENT HISTO-PHYSIOLOGIQUE du processus de la régénérescence nerveuse.

- Premier point : l'espace entre les deux extrémités nerveuses est rapidement comblé par un caillot de sang qui, dans la mesure où il existe une certaine tension, s'organise en faisceaux de fibrine longitudinaux.
- Deuxième point : au niveau du bout distal, tandis que des macrophages consomment la dégénérescence des cylindraxes, les cellules de SCHWANN prolifèrent et migrent le long du réseau de fibrine, rejoignant les éléments analogues, moins nombreux, émanant du bout central.

Troisième point : au niveau du bout central, les cylindraxes émettent des prolongements tentaculaires. Celui de ces prolongements que le hasard conduit sur un faisceau fibrinosyncytial de SCHWANN, s'y développe, pénètre dans un tube déshabité et poursuit sa progression jusqu'à l'élément distal (plaque motrice, corpuscule du tact) de la fibre nerveuse.

C'est à partir de ces bases que nous avons cherché un procédé de suture apte à nous donner les meilleures conditions pour étudier l'effet d'un courant électrique continu.

II - LES METHODES DE SUTURE

Très nombreux sont les expérimentateurs qui ont étudié :

- Les techniques de sutures nerveuses visant à obtenir la meilleure cicatrice possible.

En effet, pour FREEMANN (29), si l'on pouvait obtenir toujours une bonne cicatrice la régénération des neurones serait constante.

- Les phénomènes physiques et chimiques aptes à améliorer la cicatrice ainsi que la maturation des axones et des plaques motrices.

A - Les techniques de suture nerveuse :

Emerveillé par l'harmonie des phénomènes cellulaires, le chirurgien doit malgré tout admettre qu'il ne peut directement les influencer. Il peut cependant par l'amélioration de sa technique leur permettre de se dérouler dans les meilleures conditions. Les tentatives n'ont pas manqué pour découvrir la meilleure suture.

Si la suture bout à bout, soit primitive, soit secondaire, reste toujours l'opération la plus souvent pratiquée en pratique chirurgicale courante, le pourcentage de ses insuccès a conduit à chercher une amélioration technique. (rapport du CONGRES DE CHIRURGIE 1946 et SEDDON in CONGRES DE CHIRURGIE 1946).

Tous les auteurs sont d'accord pour ne suturer que le névrilème ou tout au moins le tissu engainant les faisceaux, encore faut-il craindre la réaction inflammatoire qui se développe autour de ces fils, aussi parfaits soient-ils. La séquelle en est la sclérose source de mauvaise cicatrice. Un point essentiel qui fait l'unanimité est la nécessité de respecter parfaitement l'axe nerveux lors de la suture afin de mettre en face les différents faisceaux sensitifs et moteurs.

De très nombreux travaux ont été faits pour étudier l'effet d'un manchon engainant la zone suturée pour isoler la cicatrice des tissus environnants (ce qui pour nous se traduit dans notre technique par la protection du coagulum fibrineux qui va guider les cylindraxes).

Ce manchon doit en outre ne pas léser la vascularisation du nerf, lui permettre de reposer dans le liquide interstitiel, c'est-à-dire, ne pas être hermétique aux

fluides et en plus se comporter comme une matière inerte.

1 - Les sutures :

a - SMITH (67) en 1966 a proposé une TECHNIQUE DE MICRO SUTURE.

Celle-ci nous paraît, comme à ROULLET, bien illusoire car elle nécessite l'effilochage du nerf ce qui nuit certainement à la vascularisation et favorise la cicatrisation fibreuse donc anarchique.

WISE (83) en 1969 publie une analyse comparative des neurorraphies macro et micro-chirurgicales.

b - Plutôt que de pratiquer des sutures très délicates certains ont préféré SUPPRIMER LES FILS au niveau de la cicatrice en pratiquant différents types d'anastomoses.

YOUNG et MEDAWAR en 1940 (84) et SINGER en 1945 (65) expérimentent la suture avec un film de fibrine.

ADLER R. H. et COLL. (I) en 1956 ont utilisé un coagulum fabriqué avec de la thrombine et du fibrinogène purifié. Les résultats leur ont paru au moins aussi bons qu'avec des sutures à la soie.

INDAR (37) en 1958 reprenait l'idée en utilisant une préparation de plasma.

KLINE et HAYES (46) en 1963 étudiaient l'effet d'un plastique adhésif (le méthyl cyano-acrilate).

FRUMAN (30) en 1965 publie sur les anastomoses nerveuses par collage.

Il est intéressant de noter les conclusions de WEISS (79) en 1944 qui fait la revue des anastomoses par tubulation sans suture et de BRAUN (14) en 1966 qui fait une étude plus générale comparative des anastomoses nerveuses avec et sans suture.

2 - Les manchons :

De nombreux procédés d'engainement ont été réalisés.

Avant sa revue en 1944, WEISS (79) a publié son expérience sur les manchons de Tantale.

GRASSI (34) en 1946 a utilisé des tubes d'amnios.

SICARD et FAUREL (64) en 1947 un tube métallique en argent.

CAMPBELL (16) en 1961 et 1963 des filtres à micropore (0,45 microns de diamètre) faits d'acétate de cellulose monomoléculaire.

BOLHER (8) entre 1962 et 1966 pratique lui aussi des tubulisations en utilisant une gaine millipore

LETAC (49) et ses Collaborateurs ont publié en 1967 une technique de réparation des nerfs périphériques guidée qui nous a très fortement inspirés. Les auteurs utilisent des tubes de verre pour engainer leur suture.

SICARD (64) en 1967 propose d'utiliser un fourreau de dure mère.

DUCKER (24) en 1968 fait état de son expérience d'un manchon en élastomère de silicone : "le silastic". Ce manchon est commercialisé.

ROULLET (60) en 1972 a montré qu'il était possible de réaliser un manchon avec le névрилème du nerf à suturer en élaguant les fascicules nerveux. Cette technique nécessite cependant une instrumentation très fine et un appareil binoculaire de grossissement, l'une et l'autre nécessitant une éducation spéciale pour le chirurgien.

Le rôle essentiel du manchon semble être la protection de la zone cicatricielle, l'isolant des masses musculaires avoisinantes, et, par là, la mettant à l'abri des sollicitations mécaniques.

3 - Citons l'intéressante thèse de LOUIS (50) qui en 1964 fait état de régénérations inespérées après SUTURE IMME-DIATE chez l'homme. On ne peut naturellement comparer ces

résultats avec l'aspect histologique de la cicatrice.

GRABB en 1968 (33) a comparé les avantages chez le singe des sutures primitives et des sutures secondaires.

4 - BASICH et WYBURN (45) ont mis l'accent en 1945 sur la nécessité de PRESERVER LA VASCULARISATION DES NERFS pour favoriser leur réparation.

SMITH (67) en 1966 citant KHER a montré que chaque nerf possédait un meso comme le grêle et qu'à partir des vaisseaux contenus dans ce mésoneurium des filets vasculaires pénétrèrent dans le nerf. Ces petits vaisseaux s'anastomosent en formant un filet ininterrompu intraneural.

B - Influence des facteurs physiques et chimiques :

Les propriétés d'excitabilité et de conductibilité du neurone, qui sont liés aux phénomènes ioniques sont parfaitement connues.

Plusieurs publications généralement récentes ont fait état de recherches plus orientées sur la régénération nerveuse.

1 - Les facteurs physiques :

a - DUNCAN (25) en 1929 étudie le MECANISME D'EXTENSIBILITE des nerfs périphériques et constate que quand le nerf n'est pas sous tension les fibres nerveuses ne sont pas des droites parallèles mais sont zigzagantes.

Ces conclusions sont à connaître lorsqu'on recherche une bonne méthode de suture. On voit en effet qu'il est illusoire de vouloir réaliser chirurgicalement une orientation parfaite des deux extrémités nerveuses.

b - D'autres auteurs se sont penchés sur l'ACTION DE CERTAINS AGENTS PHYSIQUES.

BOURGUIGNON (13) en 1939 pratique une DIELECTROLYSE PAR IONISATION D'IODE. Ce procédé a été le premier, à notre connaissance, à utiliser un courant électrique pour traiter les plaies des nerfs.

CAMPBELL (16) en 1963 utilise des greffes nerveuses traitées par le froid puis PINNER-POOLE reprend avec lui en 1969 (58) l'action des basses températures sur la régénération du nerf sciatique :

- Ils notent qu'à 5° C l'œdème est nettement diminué et qu'à - 25° C la régénération est très facilitée par la disparition plus rapide de la myéline et la libération d'enzymes.

Plusieurs auteurs enfin ont appliqué un rayonnement sur les sutures nerveuses, soit rayons X, soit radiothérapie conventionnelle.

Sans envisager le rôle de l'irradiation sur les greffes comme l'ont fait CAMPBELL (16) en 1963 et MARMOR (53) en 1964 il faut considérer avec STRELIN (69) en 1965 que l'irradiation locale des cicatrices nerveuses par les rayons X inhibe la régénération par atteinte du tissu conjonctif et du syncytium de Schwann. VILLAREAL (73) en 1966 a utilisé la radiothérapie conventionnelle avec des résultats semblables.

VILLAIN (°) et RABICHONG tout récemment ont appliqué chez l'homme un courant électrique alternatif discontinu au niveau de quelques faisceaux des nerfs qu'ils avaient à suturer.

Au début de l'année 1972 WINNINGER (82) donne une description de ce procédé. Ses buts sont :

- exciter vers l'amont la cellule nerveuse pour hâter la régénérescence du cylindraxe.
- faire contracter le muscle pour empêcher l'atrophie.

Les résultats de cette méthode sont encore inexploitable.

(Nous remercions Monsieur VILLAIN de l'accueil qu'il nous a réservé et des conseils qu'il a bien voulu nous donner).

2 - Les facteurs chimiques :

BOURGUIGNON (13) en 1939 utilisait l'iode, en ionisation et par voie générale, et MURALT (56) en 1947 des extraits nerveux pour accélérer la régénération. Il ne semble pas que ces thérapeutiques aient eu beaucoup de succès.

Plus récemment SCOTT (61) en 1966 a administré de la H. 3. LEUCINE et VILLAREAL (73) en 1966 a utilisé la TRYPSINE.

Avant eux INDAR en 1958 (37) a étudié l'action de la Cortisone et FREEMAN (29) en 1963 l'action d'un agent pyrogène, d'un antihistaminique, des enzymes, des anti-inflammatoires.

Quant à PINNER-POOLE et CAMPBELL (58) ils ont constaté en 1969 que la colchicine inhibait la prolifération des cellules du névrilème.

Il semble bien qu'aucune thérapeutique chimique n'ait d'action très nette sur la régénération nerveuse.

D'autres auteurs se sont intéressés aux phénomènes chimiques sans en tirer de conclusions pratiques :

JOHNSON (42) en 1950 a étudié les aspects chimiques de la dégénérescence wallérienne.

Plus récemment SJOSTRAND (66) en 1965 a étudié la synthèse de l'ADN dans les cellules gliales et WATSON (76), en 1965 également, a fait l'étude de l'incorporation des précurseurs des acides nucléiques.

De nombreux autres travaux sur des points très précis n'ont pas encore eu de débouchés sur l'utilisation clinique.

Nous retiendrons comme données essentielles de cette étude bibliographique :

- la nocivité d'un cal scléro-cicatriciel, interposé entre les extrémités sectionnées, et qui fait barrage à la progression des cylindraxes. Ce cal étant favorisé par le matériel de suture.

- l'importance du respect de l'axe du nerf.

- l'intérêt de ne pas mettre au contact les extrémités nerveuses afin de permettre la formation d'un faisceau de fibrine, qui sera l'armature de la cicatrice nerveuse.

- la nécessité de protéger cette zone fragile par un manchon.

III - MOYENS D'APPRECIER LE RESULTAT DES SUTURES NERVEUSES.

Deux moyens peuvent être utilisés pour étudier le résultat des sutures nerveuses, en dehors de la clinique qui, chez l'animal, ne donne pas de renseignements objectifs.

- L'étude histologique des cicatrices en chirurgie expérimentale.

- L'electromyographie chez l'homme en pratique courante et aussi chez les animaux.

A - Etude histologique.

La plupart des expérimentations comportent une ETUDE HISTOLOGIQUE.

Grâce à des colorants électifs de la myéline et des axones on peut, sur des coupes transversales, mettre en évidence les fibres nerveuses régénérées en aval des cicatrices.

Bien plus intéressante est pour nous l'étude de la cicatrice elle-même sur des coupes longitudinales avec des colorations permettant la visualisation des éléments conjonctifs. La bonne orientation des gaines, l'absence de fibrose ou au moins la faible réaction fibreuse sont pour nous la preuve d'une bonne cicatrice et donc d'une bonne technique. L'histologie doit aussi retrouver une bonne vascularisation.

Sans reprendre tous les auteurs déjà cités nous citerons les travaux de KLEIN (43) en 1952. Celui-ci a pu étudier des cicatrices nerveuses anciennes chez l'homme. Il est important de signaler qu'il a constaté que les phénomènes morphologiques de cicatrisation sont superposables lorsqu'on étudie les cicatrices nerveuses de l'homme et du chien.

KLEIN met l'accent sur le fait que dans les mauvaises cicatrices, ainsi classées sur les constatations cliniques :

- au niveau de la cicatrice, l'ordonnance régulière du nerf est rompue, les cordons nerveux se résolvent en pinces divergents et les fibres nerveuses complètes s'épuisent progressivement. Au-dessous de cette zone, la prolifération Schwannienne, dont le désordre ne rappelle plus en rien l'agencement rigoureux d'un nerf normal, est anarchique et tourbillonnante.

B - Etude électromyographique,

Si donc l'étude anatomo-pathologique est seule pour nous, à permettre d'apprécier la qualité anatomique d'une cicatrice l'ELECTROMYOGRAPHIE est l'examen de tout premier choix, permettant de suivre dans le temps et dans sa qualité la régénération nerveuse.

Chez le chien comme chez le lapin les aspects électromyographiques sont entièrement superposables à ceux observés chez l'homme.

ADRIAN (2) a publié en 1925 dans "The Lancet" une "interprétation de l'électromyogramme" qui fait date.

On trouve dans un travail clermontois (Valention P. , Rigal J. P. et Delage J.) (71) un résumé parfait :

"Un muscle normalement innervé ne présente au repos aucune activité électrique. La contraction volontaire forte fait apparaître la contraction asynchrone d'un grand nombre d'unités motrices dont les potentiels d'action interfèrent les uns sur les autres, donnant un tracé dit "interférentiel".

Dans un muscle totalement dénervé, après un silence absolu de quelques jours, on peut recueillir une activité spontanée particulière dite de fibrillation qui représente l'activité individuelle des fibres musculaires laissées à elles-mêmes.

Quand un muscle est réinnervé, les potentiels d'action à la contraction volontaire ne sont plus assez nombreux pour interférer. Il s'agit de potentiels isolés : le tracé est dit "simple ou élémentaire". Dans les réinnervations débutantes les potentiels d'action sont de toute petite amplitude et en général fortement polyphasiques. Leur constatation est d'un bon pronostic, elle nous a servi de repère dans ce travail.

Lorsque la réinnervation se poursuit, le tracé élémentaire est composé de potentiels d'action à fréquence élevée.

Ces potentiels ont une grande amplitude car ils représentent, chacun l'activité d'une unité motrice composée, du fait de l'adoption d'un grand nombre de fibres musculaires.

Enfin les muscles portant des séquelles moins sévères, donnent des "tracés intermédiaires" où se reconnaissent des unités motrices en plus grand nombre."

Il faut ajouter que chez l'animal :

- Illes potentiels polyphasiques peuvent être difficiles à différencier de la fibrillation..

- On ne peut parler de richesse du tracé en unités motrices puisqu'il est impossible d'obtenir des contraction musculaires volontaires.

IV - RESULTATS.

La vitesse de régénération d'un nerf est intéressante à connaître.

En 1900 Hélène DENSUSIANU (20), qui étudie les nerfs de cobaye, montre qu'au 150e jour les plaques motrices sont réapparues mais ne sont pas encore développées.

Au 180e jour elles le sont complètement et présentent un aspect histologique identique aux plaques motrices normales.

GIGNOUX et Coll. (31) en 1970 concluent que chez le chien après homogreffes conservées au Cialit on peut constater histologiquement que la régénération est de 10mm au 21e jour, de 30 mm au 31e jour et qu'à partir du 60e jour la réinnervation apparaît lorsqu'il s'agit du nerf sciatique.

En cas de suture simple la vitesse de régénération est pour eux de 2 à 3 mm par jour.

Ces chiffres sont les meilleurs que nous ayons relevés.

METZ cité par GIGNOUX pense qu'en cas d'autogreffe la vitesse de régénération est de 0,8 mm par jour.

ISCH (38) en 1969 conclut, après étude électromyographique chez l'homme que la vitesse de régénération après suture est de 1 mm par jour.

SEDDON (62) en 1943 pense que la vitesse de régénération est chez l'homme :

- sur le nerf radial de $1,6 \pm 0,2$ mm/
par jour
- sur les autres nerfs de $1,5 \pm 0,2$ mm/
par jour

La vitesse de régénération ne semble pas varier avec les espèces étudiées mais avec les différents travaux.

Aucun de ces auteurs n'a cependant attaché une grande importance à l'architecture de la cicatrice.

LETAC note cependant le bon aspect de ses coupes histologiques.

BUTS ET TECHNIQUE DE L'EXPERIMENTATION

Frappés par le fait que, malgré les très nombreux travaux effectués, aucune publication ne faisait état du rôle d'une différence de potentiel appliquée en permanence sur une suture nerveuse, nous avons décidé de faire porter nos efforts sur ce point précis.

La technique de suture que nous avons choisie est d'application facile. Ses résultats avaient déjà été éprouvés en partie par d'autres auteurs. Nous l'avons cependant modifiée pour la rendre parfaitement conforme à CERTAINS PRINCIPES :

- 1 - Laisser un espace entre les extrémités nerveuses et ainsi favoriser la formation d'une infrastructure fibrineuse intermédiaire.
- 2 - Ne pas laisser de matériel de suture au niveau de la zone cicatricielle pour éviter les réactions scléro-inflammatoires.
- 3 - Réaliser une suture à distance pour reporter loin de la cicatrice les forces de traction et réaliser une parfaite immobilisation au niveau de l'interruption nerveuse, favorisant ainsi la cicatrisation par première intention.
- 4 - Isoler cette zone fragile des masses musculaires, tout en la laissant baigner dans le liquide interstitiel.

Nous avons ensuite cherché à appliquer une différence de potentiel permanente au niveau de la suture.

Certes l'influx nerveux peut être comparé à un courant alternatif redressé et il eut été peut-être plus physiologique d'appliquer un tel courant.

Nous nous sommes fait fabriquer un appareil dans ce but, mais son encombrement, la durée limitée des piles nous ont vite fait abandonner son utilisation.

Nous pouvions aussi utiliser une simple pile délivrant du courant continu.

Nous avons préféré la créer directement en implantant dans le nerf des électrodes actives créant une différence de potentiel (d'au maximum un volt et demi puisque nous avons utilisé l'association de cuivre et de zinc, association réalisant une pile résistant longtemps à la polarisation).

Nous avons choisi d'appliquer le courant électrique continu ainsi créé dans le sens de la dépolarisation engendrée par la propagation de l'influx nerveux. Ainsi nous pensions avoir étudié l'effet d'une ionisation permanente créée par la différence de potentiel.

Nous avons donc réalisé des sutures nerveuses après section des nerfs;

Nous avons protégé ces sutures par des manchons de "pyrex". (Le verre pyrex est un verre neutre, neutralisé dans la masse et qui donc théoriquement ne crée pas de différence de potentiel car ne délivrant que très peu d'ions.) Si bien que la suture se trouve être isolée mécaniquement et électriquement.

Nous avons éliminé le matériel de suture de la zone de réparation, et réalisé l'immobilisation de celle-ci, en pratiquant l'aiguillage à distance à travers le tube de verre pyrex.

TECHNIQUE.

Nous aurions voulu remplacer les tubes de verre par des tubes transparents d'élastomères de silicone mais nous n'avons pu nous en procurer dès le début de notre expérimentation. Par la suite nous n'avons pas cru bon devoir les utiliser pour ne pas faire intervenir un nouveau facteur. De plus la transparence et la rigidité du verre sont meilleures.

Nous nous sommes fait préparer par un verrier habile des tubes "pyrex" de 3 cm de long, de calibre intérieur variable étant donnée la différence de calibre des nerfs à suturer, calibre variant surtout à cause de l'étalement, qui facilite d'ailleurs le repérage de l'axe.

Ces tubes ont été percés de part en part en utilisant des poinçons d'acier chauffés à blanc ce qui permet d'obtenir des trous exactement diamétralement opposés et de calibre régulier. Ces trous ont été espacés de 1 cm, c'est-à-dire qu'ils étaient également placés à 1 cm des extrémités du tube.

Par ces trous nous nous proposons d'introduire des aiguilles métalliques de métaux différents aptes à créer un couple électrique.

De plus, ces orifices favorisent la pénétration dans le tube du liquide interstitiel, au moins dans l'immédiat.

Nous avons décidé pour les témoins d'utiliser un métal unique : l'acier, qu'on peut facilement tailler en fines aiguilles.

Pour les autres nerfs nous avons utilisé des aiguilles de cuivre et de zinc.

Ces aiguilles doivent être minutieusement préparées pour être appointées.

Nous nous sommes servis de fil de cuivre de calibre convenable, (quelque 1/10ème, qui ont été taillés en

oblique à la cisaille puis polis à la meule puis entre deux morceaux de marbre en les roulant.

Pour le zinc, la préparation des aiguilles est très délicate. Il faut tailler à la cisaille de zinc puis détordre le copeau obtenu avant de le rouler entre deux plaques d'acier puis de marbre.

La préparation de ce matériel a naturellement été affinée au cours de l'expérimentation.

VOICI LA DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE :

La stérilisation des aiguilles et des tubes de verre est réalisée par trempage dans l'alcool.

La patte du chien doit être minutieusement tondue et savonnée avant d'être enduite de désinfectant.

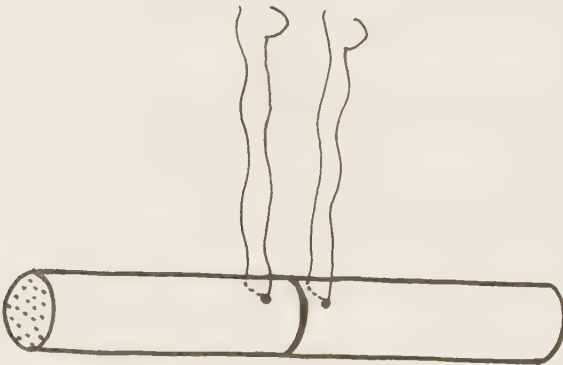
L'animal est installé en décubitus latéral et bien attaché. La patte à opérer est placée en dessus et fixée en position allongée.

Le chien a été auparavant endormi et intubé.

L'asepsie doit être extrêmement rigoureuse et nous avons eu des ennuis septiques jusqu'à ce que nous utilisions systématiquement un jersey stérile, collé au vernis. Le renforcement des mesures d'asepsie et l'administration d'antibiotiques en fin d'opération nous a permis de ne plus avoir d'infection.

- L'incision cutanée passe à un travers de doigt en arrière du fémur sur trois travers de doigts environ au-dessus du genou, l'incision est poursuivie en bas sur un à deux centimètres, parallèle au tibia, c'est-à-dire en s'incurvant en arrière, si besoin.
- On fait alors l'hémostase du tissu cellulaire sous-cutané par coagulation.
- Puis on sectionne l'aponévrose au bistouri.
- On dissocie alors les muscles et en cas de saignement musculaire on coagule au bistouri électrique.
- Une fois la barrière musculaire franchie on est dans l'espace contenant la bifurcation sciatique. On place un écarteur autostatique et on change d'instrument pour utiliser du matériel vasculaire.
- Il faut assez souvent lier une grosse veine transversale à la partie inférieure de l'incision.
- On effondre alors au ciseau un fascia assez résistant qui est bien exposé par l'écarteur et on voit alors nettement la bifurcation nerveuse.
- Le sciatique poplité externe est aisément repéré car il devient superficiel à la partie basse de l'incision, il se dirige plus en avant et surtout il s'aplatit.
- Il est longé par un vaisseau sanguin, véritable arcade bordante qu'on recherche avant tout. Cette arcade est contenue dans le mésoneurium.
- On dissèque alors le nerf au dissecteur en passant très au large pour ne pas arracher les vaisseaux nourriciers. Pour tendre le nerf on utilise de gros lacs ou l'un des mors d'une pince de DE BAKEY qu'on utilise pour soulever le nerf comme sur un billot, sans le pincer. Cette manœuvre doit rester atraumatique.

- Si les deux nerfs sciatique poplitée externe et sciatique poplitée interne sont accolés, on les dissocie avec un petit bistouri ou un ciseau coudé de POTTS. Cette séparation des faisceaux est toujours possible et généralement facile. (Nous avons cependant constaté histologiquement qu'elle détachait souvent quelques fibres du sciatique poplitée interne).
- Une fois le sciatique poplitée externe, non dévascularisé, bien dégagé sur 5 cm environ, on passe deux fils monobrin 5/0 serti sur aiguilles vasculaires à 2 mm de distance sur la même ligne, en prenant le névrième perpendiculairement à l'axe nerveux sur 1 mm environ.

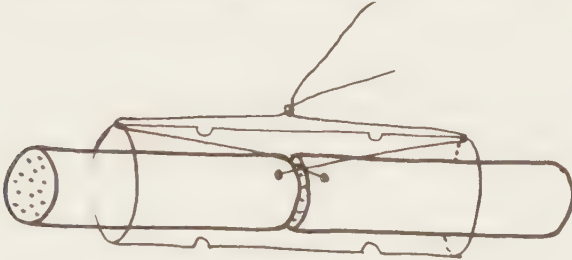


SCHEMA I

- On tend alors ces deux fils pour s'assurer que la prise est solide et présenter le nerf. On le sectionne alors d'un seul coup d'un fin bistouri. Les deux extrémités saignent témoignant de leur bonne vascularisation. Il est important d'attendre que le saignement soit tari pour ne pas gêner le temps ultérieur.

On utilise alors les fils repères pour introduire les deux extrémités nerveuses à l'intérieur d'un tube de verre de calibre approprié. Il est important d'utiliser un tube dans lequel le nerf entre très facilement mais cependant aussi étroit que possible. Grâce à la transparence du tube on place les deux bouts nerveux :

- 1 - Au contact et sans chevauchement. Par la suite l'élasticité du nerf fera que les extrémités seront séparées par un écart de 1 à 2 mm. Nous n'avons pas cherché à mesurer cet écart ni à le maintenir constant car cela n'était pas possible techniquement.
 - 2 - Sans torsion grâce aux fils repères qui, passés perpendiculairement, à l'axe nerveux, permettent un repérage visuel excellent.
Au cas où un peu de sang gêne la vision, on lave au sérum.
- On réunit alors les deux fils entre les mors d'une pince.



SCHEMA II

- La traction plus ou moins grande sur la pince, en manipulant le tube, permet de bien présenter les extrémités nerveuses par rapport aux trous et de les maintenir au contact.

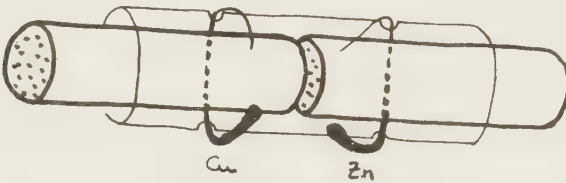
Cette manœuvre est pratiquée :

- L'aide tenant la pince.
- L'opérateur tenant le tube avec une pince à disséquer sans griffes.

- On saisit alors les aiguilles avec un porte-aiguilles et on transfixe le nerf de part en part en entrant par un trou et en ressortant par le trou opposé. La longueur des aiguilles utilisées est d'environ un centimètre et demi, son diamètre de trois à quatre dixièmes de millimètre.

- Avec le porte-aiguilles et la grosse pince à disséquer on tord alors l'aiguille pour l'empêcher de ressortir. Il convient de tordre celle-ci des deux côtés à la fois pour éviter de l'arracher.

- On pratique de même pour l'autre extrémité et on retire les fils de traction en les faisant coulisser.



SCHEMA III

- On s'aperçoit alors que l'élasticité nerveuse a éloigné les deux extrémités de 1 à 2 mm environ et que si le calibre du tube a été bien choisi, celles-ci sont rigoureusement en face.

- Nous nous efforçons alors de créer un petit saignement qui baigne le tube et pénètre à l'intérieur.

- Après instillation d'antibiotiques nous refermons soigneusement :

- . Le muscle : 2 ou 3 points de catgut
- . L'aponévrose : 1 surjet de catgut 0
- . La peau : 1 surjet de nylon.

- Les trois premiers jours nous administrons des antibiotiques en injections intra-musculaires.

LES SUITES OPERATOIRES

- 1) - La cicatrice ne nous a posé que des problèmes infectieux. Nous avons dit que ceux-ci ont totalement disparu dès que nous avons utilisé systématiquement du jersey collé.
- 2) - La marche du chien : on note un steppage de la patte sur laquelle le chien ne prendra pas appui pendant 3 jours.

Au bout de ce délai, l'animal a spontanément fait sa rééducation et par un phénomène de suppléances musculaires bien connu chez le chien il a retrouvé un bon tonus de sa patte qu'il recommence à poser au sol en bonne position.

La marche absolument normale est obtenue vers le 15e jour et l'animal peut sauter dans un délai généralement bref après ce stade.

On voit donc l'intérêt d'utiliser le nerf sciatique poplite externe chez le chien au lieu du tronc du sciatique, bien que la taille du nerf (de l'ordre de 2 à 3 mm de diamètre) nécessite une technique chirurgicale un peu plus minutieuse et surtout complique le travail des techniciens lors de la préparation pour l'examen anatomopathologique.

PHOTOCOLE DE L'EXPERIMENTATION

Nous avons choisi d'étudier trois séries de sutures nerveuses :

- 1 - Une série préliminaire destinée à la mise au point de l'expérimentation.
- 2 - Une série de témoins :
 - . Les premiers avec notre technique de suture réalisée avec des aiguilles d'acier.
 - . Les seconds en suturant simplement le névrilème.
- 3 - Une série avec application d'une différence de potentiel continue.

Nous avons prévu d'étudier nos résultats grâce à l'électromyographie et à l'histologie.

Nous avons pu suivre nos chiens électromyographiquement grâce à la complaisance de Mademoiselle GAY, Infirmière spécialisée de l'Hôpital Fontmaure.

Nous avons chaque fois observé les tracés au repos puis en mobilisant la patte ou en la mettant en extension forcée ce qui provoque la contraction des muscles rétracteurs.

Nous avons utilisé pour nos examens l'aiguille qui nous permettait d'explorer non seulement la loge antéro-externe de jambe mais chaque muscle séparément avec une bonne exactitude. De très nombreux films ont été pris.

Notre ami, Monsieur le Docteur RIGAL, a bien voulu nous aider dans l'interprétation de ces documents.

Après prélèvement des sutures nous avons adressé les pièces à Madame le Docteur FONCK-CUSSAC au laboratoire d'Anatomie Pathologique de la Faculté de Médecine. Elle a lu pour nous un grand nombre de lames qui ont été pratiquées par sa collaboratrice Madame CORRAL.

Voici quelles techniques nous avons utilisées :

Lors du prélèvement, les nerfs sont étalés sur cartonnnette et maintenus à chaque extrémité par une épingle. Ils sont ensuite fixés dans le formol à 10 %, inclus en paraffine et coupés. Après étalement les lames obtenues sont colorées selon diverses techniques histologiques :

- Hémalun-éosine-safran,
- luxol-fast blue, qui colore en bleu les gaines de myéline,
- holmes-luxol-fast blue, méthode de coloration de la myéline en bleu et des neurofibrilles (en rouge noirâtre).

- L'aspect de la cicatrice nous a toujours paru harmonieux comme si aucune section n'avait été réalisée.

ETUDE EXPERIMENTALE

1 - SERIE PRELIMNAIRE.

Nous avons d'abord décidé de pratiquer 5 sutures nerveuses pour mettre au point :

- la technique chirurgicale,
- la technique électro-moygraphique chez le chien,
- la vérification anatomo-pathologique.

A ce stade, nous pensions utiliser pour créer un courant électrique l'association d'électrodes de bronze d'aluminium et d'acier. Ces deux métaux sont en effet bien plus faciles à préparer sous forme de fines aiguilles que le cuivre et le zinc.

Nous nous sommes aperçus en utilisant une cuve à électrolyse que l'association bronze-acier ne convenait pas pour créer un courant électrique. Car elle créait une pile se polarisant très rapidement (en 2 à 3 jours).

Nous avons donc pratiqué trois sutures avec acier-acier et deux avec bronze-acier. En fait, étant donnée la très courte efficacité du couple bronze-acier, tout se passe comme si les sutures avaient été réalisées avec un même métal.

Nous avons réopéré 4 de ces chiens au 28e, 41e, 74e et 94e jour.

Lors des réopérations nous avons constaté que le tube de verre était engainé par un tissu conjonctif résistant dont les expansions allaient jusqu'au nerf à travers les

trous du tube de verre, obstruant ceux-ci, l'ensemble étant dû à la réaction au corps étranger.

Nous avons pratiqué 7 examens électro-moygraphiques en tout sur deux de ces chiens.

Nous avons constaté que le tracé était plat les tous premiers jours, puis que la fibrillation apparaissait entre le 3e et le 9e jour.

Nous n'avons eu des signes électro-moygraphiques de régénération chez aucun de ces chiens (nous en avons suivi un jusqu'au 90e jour).

Enfin nous avons fait examiner histologiquement les 4 nerfs réopérés mais nous n'avons trouvé aucun signe de régénération nerveuse, en raison des délais trop brefs. l'aspect macroscopique était en tout cas parfait.

Dès lors, certains que cette méthode de suture par aiguillage à distance, était techniquement bonne nous avons décidé de poursuivre notre expérimentation.

II - SERIE DES TEMOINS.

Nous avons décidé d'opérer 10 nerfs pour les prendre comme témoins :

- cinq nerfs seraient opérés selon notre technique en plaçant des aiguilles d'acier.
- cinq nerfs seraient simplement suturés par quelques points séparés de monobrin 5/0 prenant le névrilème.

Sur les cinq premiers opérés, seuls quatre ont pu être suivis.

Sur le deuxième groupe, seuls trois ont pu être suivis. Nous nous sommes contentés de ces trois nerfs en pensant que 3 aspects histologiques suffiraient comme base de comparaison.

Nous n'avons d'ailleurs pu en réopérer que deux.

Nous avons décidé de faire au moins un lectromyogramme tous les mois à tous nos chiens opérés avec notre technique, un peu moins aux chiens chez lesquels nous avons fait une simple suture, car chez ceux-ci c'était surtout l'aspect morphologique de la cicatrice qui nous importait.

Ultérieurement au fur et à mesure que nous suivions nos chiens nous avons décidé de ne pas les réopérer avant le 180e jour.

Lors des réinterventions nous avons constaté une importante réaction scléreuse engainant le tube de verre. Cependant à l'intérieur de celui-ci, le nerf a généralement paru normal, épargné par ce processus réactionnel à un corps étranger.

1 - Voici un résumé des observations de nos quatre témoins "acier-acier".

N. 7 gauche : apparition de polyphasiques au 60e jour, les polyphasiques sont confirmés au 73e jour. A cette date apparaissent les premières unités motrices.

Ce nerf a été prélevé au 200e jour. Macroscopiquement l'aspect était bon avec cependant un rétrécissement au niveau de la zone de régénérescence. Microscopiquement nous avons pu vérifier l'existence de fibres nerveuses myélinisées dans la partie du nerf en aval de la suture.

N. 8 gauche : apparition des polyphasiques au 196e jour. Les unités motrices n'ont pu être filmées ayant le 235e jour. La réintervention a été faite au 240e jour après un dernier examen électrique :

l'aspect macroscopique était parfait.

La microscopie a confirmé la régénération et a montré la parfaite ordonnance de la cicatrice.

N. 9 gauche : l'apparition des polyphasiques n'a pas été constatée, mais les unités motrices sont apparues entre le 80e et le 110e jour. La réintervention a été faite au 177e jour.

l'aspect macroscopique était parfait

la microscopie a confirmé la régénération.

N. 10 gauche : l'apparition des polyphasiques a été notée au 42e jour. Les unités motrices n'ont jamais pu être vues avec certitude sur les films mais les polyphasiques ont persisté.

La réintervention a été faite au 180e jour.

L'aspect macroscopique montrait un rétrécissement de calibre du nerf au niveau de la zone de régénérescence.

Microscopiquement la régénération ou tout au moins la présence de fibres myélinisées en aval de la cicatrice a été constatée.

En conclusion

Sur 4 nerfs suivis, quatre régénérations, prouvées électromyographiquement par la présence d'unités motrices (avec cependant un cas d'interprétation difficile).

- Les potentiels polyphasiques de régénération ont été filmés dans trois cas.

- Ils sont apparus dans deux cas précocement : 42e et 60e jour dans un cas tardivement : 96e jour.

- Les unités motrices ont été filmées respectivement aux 73e jour, 110e jour, 170e jour et 235e jour.

Ces données sur un aussi petit nombre de cas ne permettent aucune étude statistique.

Nous avons cependant pu en retirer une impression histologique.

Macroscopie.

Le nerf suturé présente au point d'implantation des électrodes des boursouflures latérales. Entre ces deux boursouflures le diamètre du nerf est parfois légèrement inférieur à celui des extrémités.

Histologie. (photographie n° 1).

Dans sa partie proximale, au-dessus du point d'implantation des électrodes supérieures, le nerf est de structure normale. Au niveau du foyer opératoire cet aspect se modifie considérablement. En effet le nombre de fibres myélinisées est extrêmement réduit. La majeure partie du nerf est formée de cellules schwanniennes. Ces cellules sont parfaitement organisées en faisceaux longitudinaux. Entre ces faisceaux sont épars des capillaires remplis de sang. Cette disposition est parfois légèrement perturbée au point d'implantation d'une aiguille où quelques groupes de cellules schwanniennes s'organisent de façon plus ou moins tourbillonnante. Cette désorganisation lorsqu'elle existe intéresse seulement une partie du nerf.

Le périnèvre est sensiblement normal, excepté vers les boursouflures correspondant au point d'implantation des aiguilles où il est interrompu et remplacé par un tissu conjonctif lâche assez riche en néo-vaisseaux et dépôts de pigment ferrique. A ce niveau on retrouve parfois quelques cellules de Schwann mais jamais de fibre nerveuse.

Dans la portion distale le nerf est de calibre normal. Il est formé de cellules schwanniennes organisées et renferme des fibres myélinisées en nombre égal, voire supérieur dans l'un de nos cas, à celui qui existe dans la région moyenne. Ce phénomène s'explique peut-être par une incidence de coupe.

En résumé :

Nous insisterons sur :

- L'aspect régulier de la zone de réparation, parfaitement organisée, présentant les caractères architecturaux d'un nerf normal.

- Cependant au niveau de cette zone les fibres nerveuses sont amyéliniques ce que nous considérons comme un retard de maturation.

- L'implantation des aiguilles dans le nerf ne semble pas apporter de grandes modifications histologiques. Il n'y a pas de "fuite" de fibres nerveuses aux points de pénétration.

2 - Voici les observations des deux témoins chez lesquels nous avons simplement suturé le névrilème et que nous avons prélevés.

N. 17 gauche : les polyphasiques n'ont pu être filmés mais les unités motrices ont été filmées au 130e jour (tracé simple à fréquence élevée). L'aspect macroscopique lors du prélèvement au 131e jour est bon mais le nerf est très dilaté au niveau de la suture.

La microscopie confirme la régénération.

N. 18 gauche : l'observation est exactement semblable à la précédente à ceci près que la zone de suture était un peu moins dilatée.

La microscopie confirme la régénération.

En conclusion :

- Il faut d'abord signaler que les réinterventions ont été plus faciles, le nerf étant abordé presque aussi aisément que la première fois. En particulier il n'y a pas de sclérose autour de l'axe nerveux.

De toute façon sur deux cas suivis nous avons obtenu deux régénérations prouvées électro-myographiquement au 130e jour. Mais il n'y a pas eu d'apparition précoce des polyphasiques et l'aspect macroscopique est bien moins bon que celui de la première série.

- L'étude histologique a montré : (photographie n° 2).

Qu'au niveau du foyer de suture il existe une zone de boursouffure du nerf.

A ce niveau on note des cellules schwanniennes qui paraissent cependant assez mal orientées. Par ailleurs ces cellules sont dissociées les unes des autres par une sorte d'œdème interstitiel.

Le nombre des fibres myélinisées est aussi important que pour les témoins. "Tube de pyrex, aiguilles en acier", cependant elles sont moins bien orientées.

Nous retiendrons, malgré le très petit nombre de cas :

- que la régénération électromyographique est peut-être un peu plus tardive.
- surtout que l'aspect histologique est bien moins bon.

3 - Il faut rajouter parmi ces témoins un cas où, pour voir, nous avons placé des électrodes de cuivre et de zinc de façon à appliquer un courant continu dans le sens opposé à la propagation de l'influx nerveux.

Nous n'avons pas pu suivre, ce cas jusqu'au bout car le chien est mort au 60e jour lors d'une épizootie.

Lors du prélèvement nous avons constaté macroscopiquement qu'il n'y avait aucune réunion des extrémités.

La microscopie a confirmé l'absence de régénération et a montré que l'extrémité proximale commençait à s'organiser sous forme de névrome sans aucun aspect de régénération.

Sur ce seul cas, alors que tous les autres aspects macroscopiques avaient été bons, nous nous sommes autorisés à suspecter que l'application d'un courant électrique continu "s'opposant" à l'influx nerveux était néfaste ou qu'en tout cas la création d'une différence de potentiel jouait un rôle certain et nous avons commencé une série de sutures par le procédé du tube de Pyrex avec aiguillage de cuivre vers la cellule nerveuse et de zinc vers la plaque motrice.

3 - Série avec application d'un courant continu :

Dans cette série nous avons 14 cas utilisables dont 12 ont été suivis au moins jusqu'au 180e jour et deux, au début, jusqu'au 140e jour.

Chacune de ces sutures nerveuses a été suivie par au moins un électro-myogramme tous les 30 jours. Nous avons pratiqué dans cette seule série 87 examens électro-myographiques.

Lorsque nous avons prélevé ces nerfs nous avons toujours constaté une réaction scléreuse autour du tube de verre très importante, plus que dans nos cas avec aiguillage par l'acier. L'électrode de cuivre était luisante, de calibre diminué, l'électrode de zinc, partiellement recouverte de dépôts blanchâtres, friables, d'aspect terne et facilement cassante. Ces aspects confirment bien que ces électrodes ont été actives.

Dans de nombreux cas, dès l'ouverture de la gangue réactionnelle nous avons observé l'écoulement d'un liquide grisâtre, manifestement nécrotique.

Nous verrons dans quel état étaient les nerfs eux-mêmes.

Voici le résumé des observations de cette dernière série :

N. 7 gauche : un électromyogramme tous les mois : fibrillation à tous les examens. Prélèvement au 180e jour.

Macroscopiquement aucune réunion des extrémités.

Microscopiquement les fibres myélinisées qui persistent dans le bout d'amont sont en très petit nombre.

Dans le bout d'aval on ne retrouve pas de tissu nerveux mais seulement un tissu hyalin dense.

Donc dégénérescence sans aucun début de régénération.

N. 8 droite : 8 électromyogrammes en 6 mois : seule de la fibrillation a été vue mais au 6e mois on avait suspecté l'apparition de polyphasiques, ce qui ne s'est pas confirmé ensuite; le prélèvement a été effectué au 210e jour.

L'aspect macroscopique était nécrotique, c'est-à-dire qu'on n'a pas pu disséquer le nerf sans arracher le tube de verre qui contenait un liquide grisâtre.

Ce nerf n'a pu être examiné histologiquement.

N. 9 droite : 6 électromyogrammes en 135 jours :

L'apparition d'unités motrices au 115e jour ayant été suspectée, le prélèvement a été effectué au 140e jour.

L'aspect macroscopique était presque normal à ceci près que le nerf était étranglé dans le tube de verre, toute la partie à l'intérieur de celui-ci étant moulée sur celui-ci.

Vers l'amont, on voit, microscopiquement, un nerf normal devenir fibrocicatriciel.

Les fibres myélinisées s'arrêtant brutalement au niveau de la trace laissée par l'électrode de cuivre.

En aval de la zone cicatricielle il n'y a plus aucune fibre. Tout tissu nerveux disparaît ainsi que toute architecture nerveuse.

L'aspect est celui d'un cal fibreux, entouré d'un granulome important et renfermant des capillaires dilatés.

Malgré le bon aspect macroscopique il n'y a aucun début de régénération.

N. 10 droite : 4 électromyogrammes en 4 mois n'ont jamais montré autre chose que de la fibrillation.

Le prélèvement est effectué au 140e jour.

Macroscopiquement il n'y a aucune régénération, c'est-à-dire que les extrémités ne sont pas réunies.

L'aspect microscopique confirme cette impression.

N. 11 gauche : Un électromyogramme tous les mois :

- fibrillation constante.
- prélèvement au 186e jour.
- macroscopie : aspect régulier du nerf mais la zone comprise entre les électrodes est ramollie, grisâtre.
- microscopie : aspect identique au nerf 9 droit.

N. 11 droit : 5 électromyogrammes en 6 mois (à partir du 2e mois). Suspicion de polyphasiques au 174e jour non retrouvés ensuite.

Prélèvement au 201e jour.

Macroscopiquement on a constaté une nécrose complète de la zone entre les électrodes et on n'a pu prélever une pièce utilisable.

Il n'y a donc pas eu d'examen microscopique.

N. 12 gauche : 6 électromyogrammes en 6 mois : fibrillation permanente.

Prélèvement au 187e jour.

Macroscopiquement : nécrose complète.

Microscopiquement : aucun signe de régénération nerveuse.

N. 12 droit : 5 électromyogrammes en 6 mois : fibrillation permanente.

Prélèvement au 180e jour.

Macroscopiquement : nécrose complète.

Microscopiquement : aucun signe de régénération.

N. 13 gauche : 5 électromyogrammes en 6 mois : fibrillation permanente.

Prélèvement au 185e jour.

Macroscopiquement : aucune réunion des extrémités nécrose limitée à la zone suturée.

Microscopiquement : aucun signe de régénération.

N. 13 droit : 4 électromyogrammes : fibrillation permanente.

Prélèvement au 180e jour.

Macroscopiquement : aucune réunion des extrémités qui sont nécrotiques sur 1mm.

Microscopiquement : aucun signe de régénération.

N. 14 gauche : 7 électromyogrammes : polyphasiques filmés au 116e jour puis disparaissant.

Prélèvement au 183e jour.

Macroscopiquement : nécrose rendant tout prélèvement utilisable impossible.

Il n'y a donc pas eu d'examen microscopique.

N. 14 droit : 6 électromyogrammes : polyphasiques filmés au 110e jour puis disparaissant.

Prélèvement au 180e jour.

Macroscopiquement : nécrose rendant tout prélèvement utilisable impossible.

Il n'y a donc pas eu d'examen microscopique.

N. 16 gauche : 7 électromyogrammes : fibrillation permanente.

Prélèvement au 180e jour.

Macroscopiquement : nécrose rendant tout prélèvement utilisable impossible.

Il n'y a donc pas eu d'examen microscopique.

N. 16 droit : 6 électromyogrammes : fibrillation permanente.

Prélèvement au 170e jour.

Macroscopiquement : nécrose.

Microscopiquement : pas de signe de régénération nerveuse.

En conclusion

- 2 cas où des polyphasiques ont été filmés aux 110 et 116e jour puis ont disparu (et ce chez un même chien le N 14).
- 12 cas où l'électromyogramme a montré l'absence de régénération.

Sur ces 14 nerfs suivis :

- Deux cas seulement où le nerf paraissait macroscopiquement normal (9d et 11g) mais où macroscopiquement il existait un cal fibreux sans régénération.
- Dix cas où il existait une nécrose plus ou moins étendue des extrémités.

Nous avons donc eu deux cas seulement où nous avons observé un début de régénération qui n'a pas été confirmé et dix échecs complets.

Histologiquement. (photographies 3 et 4).

L'aspect, pour tous ces nerfs, est celui d'un granulome d'aspect très particulier.

Dans sa partie proximale le nerf est formé de fibres myélinisées normales. Les fibres diminuent progressivement en nombre puis finissent par disparaître totalement dans la zone suturée. A ce niveau, il existe une sorte de moignon formé par des cellules schwanniennes totalement désorganisées adoptant une disposition plus ou moins tourbillonnante. A l'extrémité de ce moignon schwannien on trouve un granulome inflammatoire présentant un caractère assez particulier.

En effet il existe plusieurs petits nodules limités par une couronne de cellules d'aspect épithélioïdes. Au centre de ces nodules existe un matériel d'aspect fibroïde. A leur périphérie on retrouve un granulome riche en monocytes.

On retrouve parfois vers le bas des foyers de nécrose riches en pigments minéraux.

Dans sa partie distale le nerf ne renferme aucune fibre myélinisée.

On peut donc penser que sous l'effet de l'électrolyse des tissus il s'est créé des dépôts minéraux et que ces dépôts ont entraîné la formation d'un granulome évolutif.

Nous pensons donc pouvoir conclure que l'application d'une différence de potentiel permanente créée par la mise en place d'électrodes de cuivre et de zinc de part et d'autre de la zone suturée est néfaste à la régénération nerveuse.

Nous ne nous croyons pas autorisés à dire que c'est la différence de potentiel elle-même qui est néfaste mais que l'électrolyse des tissus conduit à la formation d'un granulome néfaste à la cicatrisation nerveuse.

RESULTATS

Si nous éliminons la série préliminaire nous pouvons donc baser l'étude de nos résultats sur :

- 4 cas de suture sur tube de verre Pyrex par aiguillage à l'acier.
- 2 cas de sutures chirurgicales classiques, au fil fin monobrin, non résorbable, respectant l'axe du nerf et évitant d'impacter les extrémités.
- 14 cas de suture sur tube de verre Pyrex par aiguillage de métaux différents aptes à créer une différence de potentiel.

1 - Notre technique de suture nous a donné constamment de bons résultats. La régénération semble commencer précocement (apparition de potentiels polyphasiques) et les unités motrices sont apparues plus tôt qu'avec une autre technique.

L'aspect macroscopique de la cicatrice est très bon et surtout l'aspect histologique est particulièrement excellent ce qui explique la régénération rapide.

2 - La suture classique ne nous a donné que des succès, dans des délais très convenables. Cependant il semble que la régénération nerveuse débute un peu plus tard.

L'aspect macroscopique de la cicatrice est irrégulier et microscopiquement on note une désorientation des fibres et un œdème interstitiel.

Encore faut-il souligner que nous avons réalisé ces sutures animés des mêmes principes que nous avons respectés pour nos sutures sur tubes de verre.

3 - Tous nos cas où nous avons associé la suture sur tube de pyrex et aiguilles produisant une différence de potentiel continue et permanente se sont soldés par des échecs.

A l'électromyogramme nous avons observé deux cas seulement où les polyphasiques sont apparus, d'ailleurs assez tardivement, puis ont disparu.

Il semble donc que l'existence d'une différence de potentiel retarde la régénération nerveuse.

Anatomiquement nous avons prélevé deux nerfs seulement ayant un aspect macroscopique à peu près normal. L'histologie a montré l'absence de pénétration par les fibres nerveuses de la cicatrice, l'architecture de celle-ci ne rappelant absolument pas la structure d'un nerf mais présentant l'aspect d'un granulome.

Le courant continu appliqué gêne donc la création d'une infrastructure propre à être réhabitée par les cellules de Schwann puis par les fibres nerveuses.

Histologiquement :

On observe une désorganisation totale des cellules de Schwann, et au niveau de la zone de suture un granulome inflammatoire avec des nodules.

On peut penser que ce granulome a détruit ou empêché la création d'une infrastructure fibrineuse, sa prolifération empêche en outre toute fibre nerveuse de gagner le bout distal.

Ce granulome contenant du matériel d'aspect fibrinoïde et des pigments minéraux, on peut penser qu'il est une réaction à l'électrolyse des tissus.

L'application d'une différence de potentiel continue en permanence, empêche donc toute régénération nerveuse.

CONCLUSIONS

Notre technique de suture répondant aux principes suivants :

- 1 - Laisser un espace de l'ordre de 1 à 2 mm entre les extrêmités nerveuses pour favoriser la formation d'une architecture fibrineuse intermédiaire.
- 2 - Supprimer tout matériel de suture au niveau de la zone cicatricielle.
- 3 - Réaliser une fixation à distance pour reporter loin de la cicatrice les forces de traction et réaliser l'immobilisation de la zone de régénération.
- 4 - Isoler cette zone fragile des masses musculaires, tout en la laissant baigner dans le liquide interstitiel.

donne des cicatrices macroscopiquement et microscopiquement excellentes avec une régénération constante dans des délais généralement bons.

La technique de suture simple du névrilème donne, elle aussi, une régénération mais l'aspect (macroscopique et microscopique) est bien moins bon.

L'application d'une différence de potentiel continue et permanente sur une suture nerveuse réalisée selon notre technique inhibe la régénération nerveuse, sans doute à cause des phénomènes chimiques résultants de l'électrolyse.

Vu, le Président de thèse

le 16 Août 1972

M. JACQUEMET

Vu, pour le Doyen

le 30 août 1972

le Vice-Doyen

P. LATAIX

Vu et Permis d'Imprimer

N° M. 46/72

le 3 Octobre 1972

Le Doyen

G. MEYNIEL



PHOTO 1

Coloration luxol - Fast - blue

Suture « Acier - Acier ».

Vue partielle de la zone de suture.

Même à ce grossissement (X 45) on note l'organisation parfaite des cellules Schwanniennes. En périphérie, décollement artificiel du périnèvre par les techniques de préparation.

(Cliché Ragonneaud)

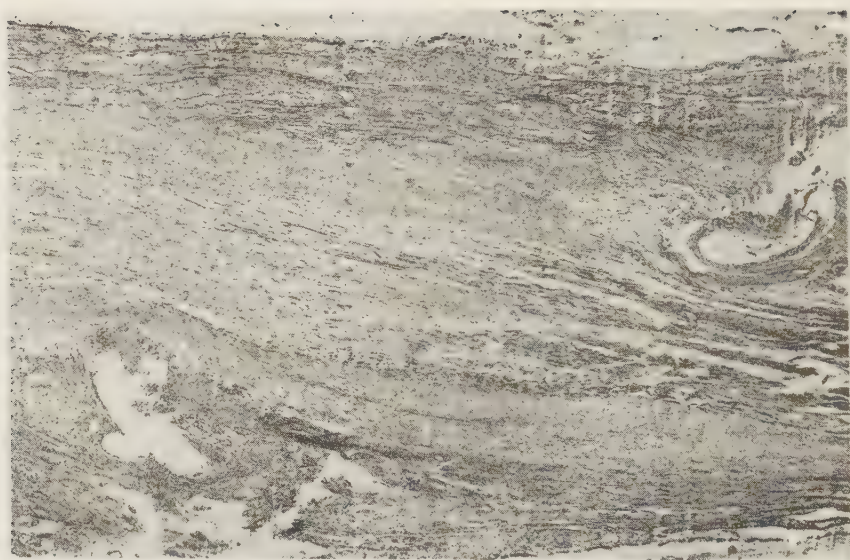


PHOTO 2

Coloration luxol - Fast - blue

Suture par fils prenant le névrilème.

L'organisation des cellules de Schwann au niveau de la suture est parfaite dans la zone centrale mais médiocre en périphérie.

(Grossissement 45 fois.)

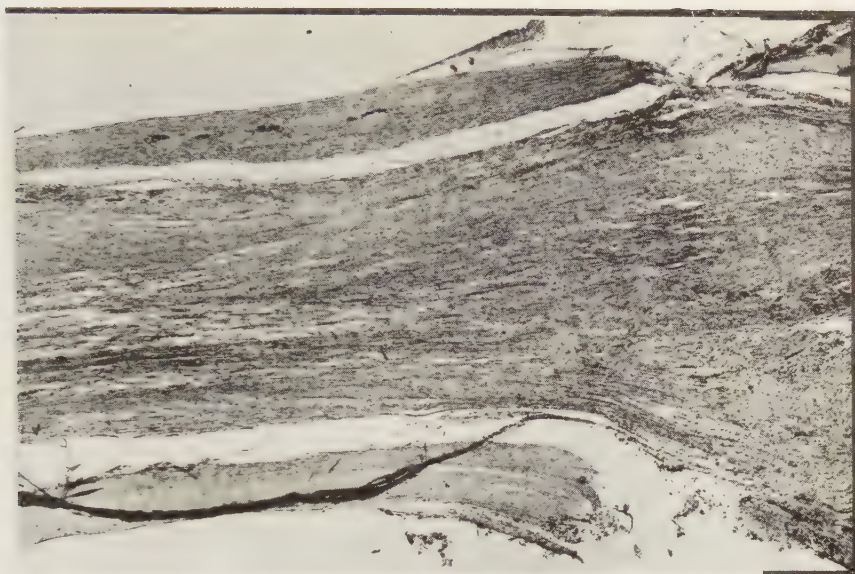


PHOTO 1

Coloration luxol - Fast - blue

Suture « Acier - Acier ».

Vue partielle de la zone de suture.

Même à ce grossissement (X 45) on note l'organisation parfaite des cellules Schwanniennes. En périphérie, décollement artificiel du périnèvre par les techniques de préparation.

(Cliché Ragonneaud)



PHOTO 2

Coloration luxol - Fast - blue

Suture par fils prenant le névrilème.

L'organisation des cellules de Schwann au niveau de la suture est parfaite dans la zone centrale mais médiocre en périphérie.

(Grossissement 45 fois.)



PHOTO 3

Coloration luxol - Fast - blue

Suture « Cuivre - Zinc »

Désorganisation absolue des cellules Schwanniennes à l'extrémité du segment proximal formant un véritable névrome d'amputation.

(Grossissement X 110)



PHOTO 4

Coloration luxol - Fast - blue

Suture « Cuivre - Zinc »

Structure de granulome inflammatoire (à droite) siégeant à l'extrémité du segment proximal (à gauche) où l'on distingue parfaitement la disposition tourbillonnante des cellules Schwan-
niennes.

(Grossissement 45 fois.)

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ADLER R. H, KAPLAN M. et LINCOLN A.
Thrombin-fibrinogen coagulum as a nonsuture method
of nerve anastomosis.
Arch. of Surgery 1956, 73, 38.
- 2 - ADRIAN E. D. -
Interpretation of the electromyogram.
The Lancet 13 Juin 1925, 1229-1233.
- 3 - AFANASSIEFF A. -
Premiers résultats de 20 homogreffes de nerfs conser-
vés par le Cialit.
Presse Médicale 3 Juin 1967, 27, 75, 1409-1410.
- 4 - BACSICH P., WYBURN -
The effect of interference with the blood supply
on the regeneration on peripheral nerve.
J. of Anat. 1945, 79.
- 5 - BACSICH P., WYBURN -
The vascular pattern of peripheral nerve during repair
after experimental crush injury.
J. of Anat. 1945, 79.
- 6 - BALDI F. -
Ultèriori ricerche a luce polarizzato sulla degenera-
zione walleriano..
Rev. Path. Nerv. 1930, 35, 158.
- 7 - BARTON A. -
An electron microscope study of degeneration and rege-
neration of nerve.
Brain. 1962, 85, 799.
- 8 - BOHLER J. -
Suture nerveuse et greffe nerveuse avec engainage de
Millipore.
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 1962, 301, 900-905.

- 9 - BOHLER J. -
Nouvelle expérience avec les gaines en micro-étamines
pour sutures et greffes homéoplastiques de nerfs.
Congrès Soc. All. de Chir. Oct. 1963, 17-20.
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 1963, 304, 944-951.
- 10 - BOHLER J. -
Nerventransplantation and tubulisation von nervenma-
hten und nerventransplantation.
Compte rendus de la Sicot, Xème Congrès 1966, 755-
765.
- 11 - BOIDE J. M. -
Analyse de 118 cas de réparation nerveuse au mem-
bre supérieur.
Intérêt de l'utilisation de la loupe binoculaire.
Thèse Lyon 1967.
- 12 - BORA F. W. -
Peripheral nerves repair in cats.
J. of Bone and Joint Surgery 1967, 49, A, 4, 659-
665.
- 13 - BOURGUIGNON G. -
Rôle de l'électrologie dans le diagnostic et le traite-
ment des plaies des nerfs.
Revue Neurol. 1939, 72, 671.
- 14 - BRAUN R. -
Comparative studies of neurorrhaphy and sutureless
peripheral nerve repair.
S.G.O. 1966, 122, 15-18.
- 15 - CAJAL S. R. -
Mécanisme de la régénération des nerfs.
C.R. et Mém. de la Sté de Biol. 1905, 59, II, 420.
- 16 - CAMPBELL J. B.,
Microfilter sheaths in peripheral nerve surgery : a
laboratory report and priliminary clinical study.
J. Traum. 1961, 1, 139-155.
- 17 - CAMPBELL J. B., BASSETT A. et BOHLER J. -
Frozen irradiated homografts shielded with microfil-
ter sheaths in peripheral nerve surgéry.
J. of Traum. 1963, 3, 303.
- 18 - CLIFFORD C., SNYDER et KNOWLES P. Robert. -
Autotransplantation of limbs.
Converse. Reconstructive plastic Surg. 77, 2178.

- 19 - DEJARDIN L. -
Congrès de Chirurgie 1946, 225-390.
- 20 - DENSUSIANU Hélène -
Dégénération et régénération des terminaisons nerveuses motrices à la suite de la section des nerfs périphériques
B. et M. Soc. Anat. Paris 75e année, 1900-2 - 801-14
- 21 - DE SMEDT J. -
Etude expérimentale de la dégénérescence wallérienne et de la réinnervation du muscle squelettique
Arch. Internat. de Physiol. 1950, 58.
- 22 - DJOURNO -
La méthode des induits et ses applications.
P. M. 1957, 1353-1354.
- 23 - DOGIOTTI M. -
La rigenerazione dei nervi periferici
J. Internat Chir. 1953, 13. 296 - 75.
- 24 - DUCKER T. B., HAYES C. J. -
Experimental improvement in the use of silastic cuff for peripheral nerve repair.
J. Neurosurg. 1968, 28, 582.
- 25 - DUNCAN D. -
A mechanism of extensibility in peripheral nerves.
Anat. Rec. 1929, 44, II, 4.
- 26 - DURANTE G. -
Des dégénérescences secondaires du S. N. Dégénérescence wallérienne et dégénérescence rétrograde.
Paris 1895.
- 27 - DUROUX E., COUVREUR A. -
Contribution expérimentale à l'étude des sections et restaurations nerveuses.
In P. M. 14, 12, 916, 572-574.
- 28 - ENCYCLOPEDIE MEDICO-CHIRURGICALE -
Techniques Chirurgicales - Sutures nerveuses.
Orth. Traumatol, 1, 44, 075.
- 29 - FREEMAN L. W. -
Neuronal regeneration.
Arch. of Environmental Health 1963, 7, 289-292.

- 30 - FRUMAN B. S. -
Adhesive neural anastomosis.
Plast. et reconstruction Surg. 1965, 35, 167.
- 31 - GIGNOUX M. - COMTET J. J. - STANTIC - ROKOTOV F.
ROCHET M. -
La réhabilitation des homogreffes de nerfs conservées
au Cialit chez le chien.
Lyon Chir. Sept. Oct. 1970, 66, N° 5, 393-395.
- 32 - GLIMSTEDT G. and WOHLFART G. -
Electron-microscopic studies on peripheral nerve
regeneration.
Lunds Univ. Arsskrift 1960, 56, 1-22.
- 33 - GRABB W. O. -
Median and ulnar nerve suture.
An experimental study comparing primary and second-
ary repair in monkeys.
J. Bone and Joint Surg. 1968, 50, A. 5, 964-972.
- 34 - GRASSI G. -
La tubulazione con lamina di amnioplastina in lesioni
sperimentali di fasci nervosi.
Rev. Ital. Endocrin. Neurochir. 1946, 6, II, 19-33.
- 35 - GUTMANN E., L. GUTTMAN, MEDAWAR P. B. et
YOUNG T. Z. -
The rate of regeneration of nerve.
J. of experimental Biol. 19 Mai 1942, 14-45.
- 36 - HERMANN et CIER J. F. -
Précis de physiologie.
Tome II.
- 37 - INDAR R. et FRY R. J. M. -
The experimental use of cortisone in peripheral nerve
repair with plasma clot as a suture.
Irish. J. Med. Sci. 1958, 6, 387, 136-141.
- 38 - ISCH et Collaborateurs -
La réinnervation dans les lésions des troncs nerveux à
la lumière des données électromyographiques.
Presse Médicale 1969 (15 Nov.), 77, 1751-1754.
- 39 - ISELIN M.
Sur la **régénération** nerveuse.
Mém. Acad. **Chir** 1964, 90, 32, 910-914.

- 40 - IWAYAMA T. -
Relation of regenerating nerve terminals to original endplates.
Nature (London) 4 Oct. 1969, 224, 81-82.
- 41 - JACOBSON S. et GUTH L. -
An electrophysiological study of the early stages of peripheral nerve regeneration.
Experimental Neurology 1969, 11, 48-60.
- 42 - JOHNSON A., MAC NABLE, ROSSITER -
Chemistry of wallerian degeneration. A review of recent studies.
Arch. of Neuro and Psy. 1950-64, 105-121.
- 43 - KLEIN M. -
Sur la structure des cicatrices anciennes de nerf chez les hommes.
Arch. of Anat. Embryol. 1952, 34, 241-247.
C.R. Associat. Anat. 1952, 517-521.
- 44 - KLEIN R. et GUIOT G. -
Phénomènes d'inhibition et d'arrêt d'influx par cicatrices nerveuses.
Revue Neurologique 1945, 77, 333.
- 45 - KLINE et DEJONGE -
Evoked potentials to evaluate peripheral nerve injuries.
S.G.O. Déc. 1968, 127, 6, 1, 239-248.
- 46 - KLINE D.G. et HAYES G.J. -
Experimental evaluation of effect of plastic adhesive methyl cyanoacrylate on neural tissue.
J. Neurosurg. 1963, 20, 647.
- 47 - LEHMAN R.A.W. et HAYES G.J. -
Degeneration and regeneration of peripheral nerve.
Brain 1967, 90, 185-196.
- 48 - LERICHE R. -
De la régénération nerveuse hétérogénétique, de ses conséquences physiologiques et de ce qu'elles suggèrent.
Lyon Chir. 1950, 45, 385-394.
- 49 - LETAC R., FOURNIER J.P., LETAC S. -
Réparations nerveuses périphériques guidées.
Bordeaux Chir. Janv. 1967, 1, 52-58.

- 50 - LOUIS Michel -
Contribution expérimentale à l'étude des sutures nerveuses immédiates.
Thèse Paris 1964, 643.
- 51 - MALMEJAC J. -
Eléments de physiologie. EMF.
- 52 - MARK R. F. -
Matching muscles and motoneurons. A review of some experiments on motor nerve regeneration.
Brain Research, 1969, 14, 245-254.
- 53 - MARMOR -
Regeneration of peripheral nerve by irradiated homografts.
J. Bone and Joint Surgery 1964, 46 A, 383-394.
- 54 - MERLE D'AUBIGNE R. -
Congrès de Chirurgie 1946, 225-390.
- 55 - MIRA J. C. -
Effet d'une congélation localisée sur la structure des fibres nerveuses myélinisées et leur régénération.
J. Microscopie 1972, 14, 155-168.
- 56 - MURALT OECHLIN B. -
Der neuroregenerative.
Wuchsstoff N.R. 3è 519-524, Helv. Chim. Acta 1947, 30.
- 57 - NAGEOTTE J. -
L'organisation de la matière dans ses rapports avec la vie.
Librairie F. Alcan. Paris 1922.
- 58 - PINNER - POOLE and CAMPBELL J. P. -
Effects of low température and colchicine on regenerating sciatic nerve.
Exp. Neurology 1969, 25, 603-615.
- 59 - ROUHLER G. -
Sur la restauration des nerfs sectionnés ou détruits.
Mém. Acad. Chir. 1946, 72, 170-174.
- 60 - ROULLET J. -
De la suture nerveuse.
Lyon Chir. 1972, 68, N° 2, 130-135.
- 61 - SCOTT Jr D., GUTTMANN E., HORSKY P. -
Regeneration on spinal neurons : proteosynthesis following nerve growth factor administration.
Science 1966, 152, 787-788.

- 62 - SEDDON H. J., MEDAKAR P. B., SMITH H. -
Rate of regeneration of peripheral nerves in man.
T. Physiol. 1943, 102, 191-215.
- 63 - SICARD A., LAVARDE G. -
Tentative de réparation des nerfs périphériques par
fourreau dural.
Bordeaux Chirurgical. Janv. 1967, 1, 49-51.
- 64 - SICARD, FAUREL -
Tube métallique pour suture nerveuse.
Mém. Acad. Chir. 1947, 72, 393.
- 65 - SINGER M. -
The combined use of fibrin film and clot in end to
end union of nerves.
J. Neuro Surg. 1945, 2, 120-125.
- 66 - SJOSTRAND J. -
DNA Synthesis in glial cells during nerve regenera-
tion.
Experientia 21, 1965, 3, 142-143, 15, 3.
- 67 - SMITH James W. -
Factors influencing nerve repair.
Arch. of surg. 1966, 93, 335-361.
- 68 - SMITH J. W. -
Microsurgical repair of nerves.
Converse, Reconstructive plastic surgery 79, 2246.
- 69 - STRELIN G. S. - EVSUKOV V. I. -
Dépression et réparation du pouvoir régénateur du
nerf périphérique après application de rayons x.
Biol. Med. Paris Juillet et Août 1965, 54, 466.
- 70 - THOMAS P. K. -
Changes in the endoneurial sheaths of peripheral mye-
linated nerve fibres during wallerian degeneration.
J. Anat. 1963, 98, 175-182.
- 71 - VALENTIN P., RIGAL J. P., DELAGE J. -
Possibilités et limites de la régénération du nerf scia-
tique chez le lapin.
Rev. Chir. Orthop. 1971, 57, 187-202.
- 72 - VEDRENNE C. -
Régénération des centres nerveux et des méninges.
Biol. Méd. Paris Juillet et Août 1965, 54, 485, 92.

- 73 - VILLAREAL-SANZ J. C. , ANCTUA-SOLANO M. -
Action de la trypsine et de la radiothérapie sur la
régénérescence nerveuse. Etude expérimentale.
Barcelona Quirurgica 1966, 10, 119-128.
- 74 - VON MURALT A. -
Le problème de la régénération du nerf périphérique
sectionné.
Ann. Médico. Psychol. 1951, 169, 231-232.
- 75 - WALLER M. -
Expériences sur les sections des nerfs et les altéra-
tions qui en résultent.
Gazette Médicale de Paris 1856, 218.
- 76 - WATSON W. E. -
An autoradiographic study of the incorporation of
nucleic acid precursors by neurones and glia during
nerve regeneration.
Physiol. J. 1965, 180, 741-753.
- 77 - WEBER A. -
Forme des terminaisons lorsqu'on avorte la régéné-
ration des fibres nerveuses.
CRS de Phys. et Hist. Nat. Genève 1945, 62, 35.
- 78 - WEBER A. -
Régénération et reconstitution des nerfs sectionnés.
Lyon Chir. 1946, 41, 129-137.
- 79 - WEISS P. -
Sutureless reunion of several nerves with elastic
cuffs of tantalum.
J. Neuro Surg. 1944, I, 219-225.
- 80 - WEISS P. -
The technology of nerve regeneration A review of
sutureless tubulation and related methods of nerve
repair.
J. Neuro Surg. 1944, I, 400-450.
- 81 - WERTHEIMER P. -
Congr-s de Chir. 1946, 225-390
- 82 - WINNINGER A. L. -
Traitement des plaies et des traumatismes des
nerfs périphériques par l'électro-stimulation neuro-
musculaire entretenue.
Nouv. P.M. 1972, 3, 201-203.

- 83 - WISE A. J. , TOPUZLU C. , DAVIS P. , KAYE I. S. ,
CLARKED, PAGE J. -
Analyse comparative des techniques de neurorraphie
macro et micro chirurgicale.
AMJ of surg. 1969, 117, 566-572.
- 84 - YOUNG J. Z. et MEDAWAR P. M. -
Fibrin suture of peripheral nerve.
The Lancet 1940, 2, 126.
- 85 - YOUNG J. Z. -
Factors influencing the regeneration of nerves.
Advances in Surgery 1949, 1, 165-220.

N. B. Nous avons puisé les connaissances anatomiques qui nous ont été nécessaires dans deux recueils :

- a) MONTANE, BOURDELLE et BROSSON
Anatomie régionale des animaux domestiques. Tome IV
- b) MILLER, CHRISTENSEN et EVANS
Anatomy of the dogs.

